NOTE DE TRANSFERT TECHNOLOGIQUE

Numéro 27

Applications de la recherche forestière
Centre de foresterie du Pacifique
Octobre 2002

WRS-Canada : Intégration du système de référence mondial (Worldwide Referencing System) de Landsat avec des données écologiques, géographiques et démographiques

Mike Wulder, David Seemann et Brian Low

Importance stratégique

Les Canadiens ont la responsabilité d'assurer l'intendance d'environ 10 % des forêts du monde. Par conséquent, nous devons pouvoir représenter nos forêts d'une manière qui dépeigne une grande variété de conditions économiques, sociales et environnementales. Afin de relever cet important défi informationnel, le Service canadien des forêts, de Ressources naturelles Canada, a entrepris, de concert avec l'Agence spatiale canadienne, de surveiller les forêts du Canada à l'aide de technologies spatiales et des données Landsat, dans le cadre du projet à long terme Observation de la Terre pour le développement durable des forêts (OTDD).

Toutes les images satellite Landsat de la surface de la Terre sont colligées dans le système de référence mondial de Landsat (WRS – Worldwide Referencing System). Dans le WRS, la surface de la Terre est subdivisée en scènes se chevauchant et représentant les zones pour lesquelles des données Landsat ont été ou seront recueillies. C'est donc un outil utile pour la sélection et le catalogage des images, leur organisation et leur traitement, et pour la mise au point de techniques d'échantillonnage.

La présente note de transfert technologique décrit en quoi consiste le potentiel informationnel du système WRS-Canada lorsque de l'information sur le couvert forestier, l'altitude et la population y est intégrée. Les auteurs décrivent un nouvel outil en ligne qui permet aux utilisateurs du Web de déterminer quelles scènes WRS, au Canada, correspondent à diverses caractéristiques politiques, écologiques, topographiques ou démographiques. Voici quelques exemples d'interrogations que ce système est en mesure de traiter :

- Quelles scènes Landsat couvrent des régions dont l'altitude est supérieure à 500 mètres?
- Quelles scènes Landsat, en Colombie-Britannique, renferment des zones de plus de 100 000 personnes?
- Quelles scenes Landsat couvrent des régions ayant plus de 10 % de zones marécageuses?
- Quelle proportion du couvert forestier est prévue dans une scène Landsat (figure 1)?

Ce type d'information devrait faciliter la planification de l'utilisation du territoire et le processus décisionnel aux nombreuses parties intéressées dans tout le pays.

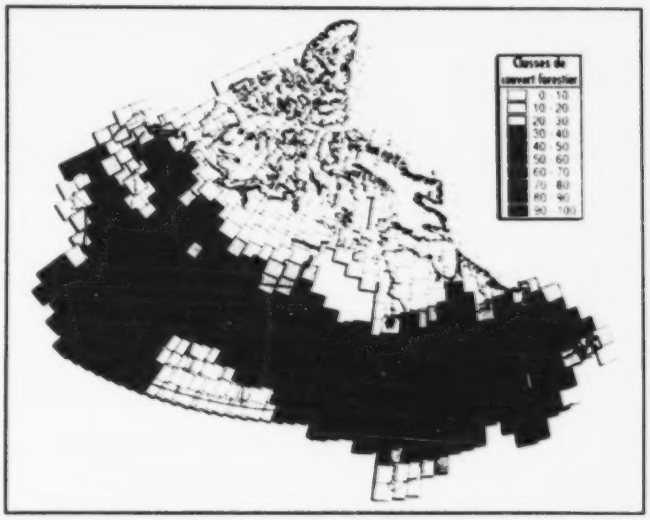

Figure 1. Couverture du Canada par le WRS, avec couvert forestier global, d'après le NBIOME.

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts

Natural Resources Canada
Canadian Forest Service

Canada

Système de collecte des images – Son fonctionnement

Le système WRS divise la surface de la Terre en scènes, correspondant aux zones imagées par Landsat. Un numéro de « trajectoire » et de « rangée » (établi d'après sa latitude et sa longitude) identifie chaque scène. Les trajectoires sont en direction nord-sud et sont déterminées par le cycle de 16 jours des capteurs Landsat (environ 233 orbites). On obtient les numéros de rangées en divisant chaque trajectoire en tranche de 23,92 secondes de temps satellite, dans les deux directions à l'équateur, ce qui donne 248 rangées par orbite complète.

Les capteurs Landsat recueillent constamment des données. Les données de télémesures et d'éphémérides permettent de segmenter les données en scènes tramées individuelles au sol. La disposition des scènes est unique pour chaque orbite, bien que leur emplacement ne soit pas uniforme. En effet, les scènes présentent un certain décalage par rapport à l'orbite originale du satellite. Les orbites du satellite donnent lieu à un chevauchement latéral minimal de 7,3 % à l'équateur, qui augmente pour atteindre environ 85 % à 80° de latitude.

Des ensembles de données nationales filtrées peuvent être extraits à l'aide du système WRS de Landsat, qui sert alors de cadre d'échantillonnage. On peut ensuite fusionner les données Landsat WRS avec les ensembles de données spatiales nationales comme la carte de couverture terrestre du Projet d'observation et de modélisation des écosystèmes boréaux (NBIOME), les données altimétriques GTOPO30 et les données de recensement de Statistique Canada. Une fois les ensembles de données nationales décrits et le mécanisme d'extraction de l'information défini, on peut représenter les résultats choisis sous forme spatiale (c.-à-d. par endroit) et aspatiale (sous forme de tableau).

Le chevauchement des scènes peut être représenté en créant une couverture de régions à partir du SIG, chaque région correspondant à une scène Landsat. Par exemple, le chevauchement des images est d'environ 40 % dans le Sud du Canada, et il atteint plus de 80 % dans le Nord du Canada. Par conséquent, il faut réduire ou élaguer la grille afin de pouvoir déterminer le nombre minimal de scènes requises pour présenter une région donnée, notamment dans le Nord du Canada. Cette étape facilitera la sélection des images et les travaux de planification dans les projets provinciaux et nationaux de télédétection.

La grille originale (plus de 1 200 scènes) est utilisée comme base pour un système de catalogage des images. L'élagage permet de réduire le nombre de scènes à 712 tout en maintenant la couverture complète et en réduisant au minimum la redondance de l'imagerie. La grille complète (c.-à-d. sans élagage) est disponible sous forme de fichier d'exportation ArcInfo .e00, à l'adresse suivante : www.pfc.cfs.nrcan.gc.ca/eosd/cover/wrs_e.html.

Pour chaque scène, on enregistre divers attributs : la trajectoire, la rangée, la superficie, les coordonnées géographiques, la province ou les provinces, l'écozone ou les écozones et l'identificateur de scène. L'information sur les frontières provinciales et fédérales, provenant du projet GéoGratis de Ressources naturelles Canada, permet de créer deux attributs : un premier permet de voir plusieurs provinces par scène et un deuxième indique la province qui est prédominante en superficie dans la scène.

Les écozones terrestres canadiennes sont assujetties aux mêmes méthodes et critères de sélection que les provinces. L'étendue spatiale et le centre de chaque scène sont également compris afin de faciliter l'interrogation de nature géographique. L'annexe 1 présente les champs qui décrivent les attributs forestiers dans le système WRS-Canada.

Exemple d'attributs d'une scène

Nom	Valeur
TM_PATH	51
TM_ROW	22
PROV_BC	1
PROV_AB	0
PROV_SK	0
.	.
.	.
.	.
ELEV_MIN	282
ELEV_MAX	2694
ELEV_MEAN	1020
ELEV_STD	273
ELEV_RANGE	2412
NEWPOP	24547

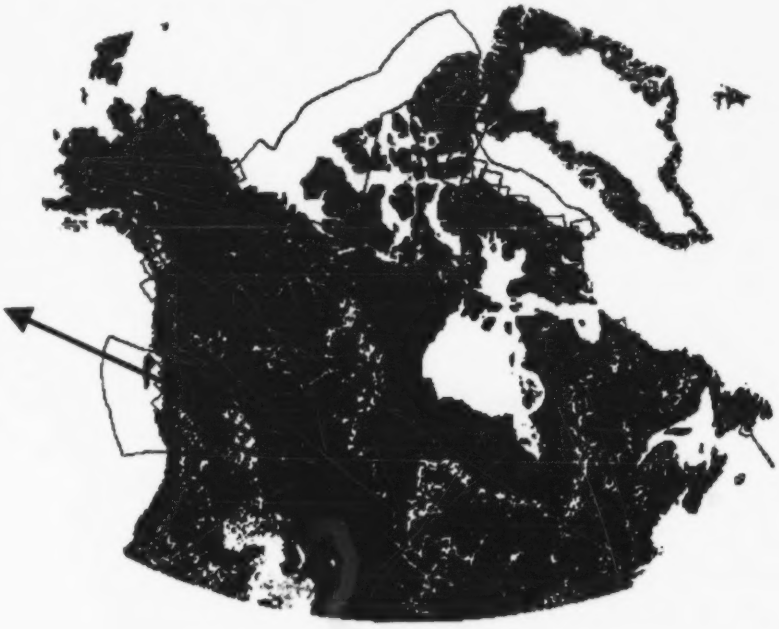

Figure 2. Exemple de fusion de données WRS-Canada avec des données altimétriques GTOPO30. Ces dernières constituent l'arrière-plan de l'image, et les scènes WRS (en noir) indiquent tous les emplacements où l'altitude moyenne est supérieure à 500 mètres. Le tableau constitue un sous-ensemble de l'information disponible dans la base de données en ligne.

Applications

1. Couverture terrestre du NBIOME

Une carte nationale de la couverture terrestre a été produite à l'aide de données captées par des satellites équipés d'un radiomètre perfectionné à très haute résolution (AVHRR), en collaboration avec divers secteurs de Ressources naturelles Canada et le Centre canadien de télédétection (Cihlar et Beaubien, 1998). Les images AVHRR ont une résolution spatiale d'environ 1,1 km au nadir, et moindre hors nadir, ce qui donne une mosaïque dont la résolution spatiale effective est d'environ 4 km.

La carte de la couverture terrestre, une composante du projet NBIOME, est établie à partir d'images recueillies entre avril et octobre 1995. La carte NBIOME est composée de pixels de 1 sur 1 km.

La couverture terrestre du Canada est répartie en 31 classes. Chaque scène WRS contient une représentation sommaire de la carte NBIOME afin de permettre la sélection des images Landsat. La superficie de chaque type de couverture terrestre, dans une scène donnée, est enregistrée en pourcentage de la superficie terrestre totale de la scène.

2. Modèle numérique d'altitude (MNA) GTOPO30

Les auteurs ont opté pour le MNA GTOPO30, offert gratuitement par un consortium d'organismes dirigés par l'United States Geological Survey (Gesch et coll., 1999) et qui permet de catégoriser les images d'après l'altitude de chaque scène WRS. Le modèle GTOPO30 fournit les altitudes à des intervalles de 30 secondes d'arc, ce qui coïncide avec un espacement d'environ 1 km. Les altitudes fournies par le GTOPO30 représentent plus de 60 000 points de données par scène Landsat, qu'il faut présenter de manière sommaire.

Les images offrant une large plage d'altitudes peuvent être sélectionnées pour que les analystes en étudient les aspects topographiques et les questions radiométriques qui en découlent. On peut également utiliser les données pour sélectionner des images afin d'étudier des attributs qui présentent des contraintes altimétriques.

3. Données de recensement

Un autre exemple d'application du système de stratification WRS-Canada est la capacité de répartir la population par subdivision de recensement et d'illustrer des changements dans le temps. En ce qui concerne le Recensement de 1996 effectué par Statistique Canada, on comptait 5 984 subdivisions de recensement au Canada. Certaines subdivisions de recensement fragmentées se trouvent dans des subdivisions plus grandes, ce qui donne au total une couverture composée de 8 358 polygones. Pour chaque subdivision de recensement, on dispose de la population totale et de statistiques sur la superficie. Nous avons présenté, dans le sommaire de chaque scène, la population totale afin de faciliter la sélection des images Landsat.

Le Système national d'information forestière (SNIF)

En 2000, le Conseil canadien des ministres des forêts (CCMF) a convenu d'élaborer le Système national d'information forestière (SNIF), une infrastructure d'information visant à faire état des pratiques en matière d'aménagement durable des forêts au Canada. Le SNIF s'emploiera à :

- offrir un accès direct à de l'information récente, cohérente et fiable sur les ressources forestières;
- assurer l'intégration transparente de l'information provenant des provinces, des territoires et du gouvernement fédéral;
- assurer l'uniformité des rapports;
- réduire les coûts en favorisant le partage des technologies de l'information.

Le SNIF utilise une architecture logicielle composée d'une couche base de données (Oracle8i), d'une couche gestionnaire de données spatiales (CubeSTOR), d'une couche serveur cartographique (CubeSERV) et d'une application de navigation sur le Web (CubeVIEW). CubeSTOR permet le stockage d'objets géoréférencés dans une base de données relationnelle. On peut maintenant stocker et récupérer facilement de vastes ensembles de données intégrées et multidimensionnelles. Les données du SIG comme les images tramées, les vecteurs, les matrices et les points sont stockées et indexées de manière efficace.

CubeSERV est un serveur cartographique sur le Web, en mode cascade, conforme aux normes de l'OpenGIS Consortium (OGC), qui permet à d'autres serveurs de représenter des images et des données sur le Web. De nombreuses entreprises ont adopté les normes de l'OGC et ont construit leurs propres serveurs. Les cartes peuvent être créées sur le Web à partir d'un nombre quelconque de serveurs qui offrent différentes projections cartographiques et ont des formats de données divers (p. ex. Shape, IGDS, etc.). Grâce à cette technologie, l'utilisateur sera capable de composer une carte contenant des données provenant de différents ordres de gouvernement (p. ex. de provinces ou de municipalités) et de différentes architectures du SIG. L'adoption de normes internationales publiques facilitera la croissance de l'infrastructure du SNIF. Les contraintes pour accéder aux services et aux données ainsi que pour les réutiliser seront moindres. Des modules de contrôle d'accès et d'authentification seront utilisés afin de s'assurer que les mesures de sécurité appropriées sont appliquées.

Recherche de données dans le WRS-Canada avec le SNIF

Pour consulter la base de données WRS-Canada, aller sur le site www.pfc.cfs.nrcan.gc.ca/eosd/cover/wrs_f.html avec son navigateur Web. La figure 3 présente un aperçu du portail NFIS-PFC (SNIF-CFP). On peut en savoir plus sur le magasin de données (Data Store) en cliquant sur le bouton Details. L'annexe 1 contient des renseignements additionnels sur les attributs. Plusieurs options utilisateur sont offertes, notamment le réglage de l'étendue de la zone consultée, le panoramique de la zone affichable, la sélection des thèmes et des couches de même qu'un outil de recherche de données. Le système utilise une structure imbriquée de stockage des données permettant d'afficher des couches multiples et de faire des recherches

dans des couches individuelles. Par exemple, la section Data Stores (au milieu de la page) indique la source de l'information. Les thèmes (Themes) sont des groupes de données disponibles. Les couches sélectionnées (Selected Layers) constituent l'information qui peut être affichée. On peut faire des interrogations en ligne, dans le WRS, sur les forêts du Canada grâce au format d'interrogation CubeWerx.

Les données Landsat WRS pour toute la Terre sont disponibles auprès du centre de données de l'United States Geologic Survey – Earth Resources Observation System (USGS - EROS Data Center). Pour le Canada, le WRS a été extrait de cette source d'information mondiale et a été chargé dans le site Web du SNIF.

On peut ajouter les couches sélectionnées, pour les afficher, en utilisant le bouton Add . Dans la boîte de dialogue Selected Layers, les couches sont classées pour être affichées, et elles sont extraites dans l'ordre dans lequel elles sont listées, c.-à-d. la couche Provincial Boundaries (limites provinciales) sous la couche Landsat WRS. Les boutons Up et Down permettent de modifier l'ordre des couches. Celui-ci est également important quand on construit des clauses « où » (clauses where, pour interroger la base de données). La clause « où » (where clauses) [au bas de la figure 3] permet d'effectuer une recherche des critères indiqués dans la première couche (ou celle qui figure au haut de la liste), par défaut. Si la couche Landsat WRS est placée en premier dans la boîte Selected Layers, les clauses where peuvent être écrites directement comme suit :

PER_FOR > 10

- Cherche les scènes où le couvert forestier représente plus de 10 % de la superficie de la scène;

ou

PER_FOR > 50 and NEWPOP > 100000

- Cherche les scènes où le couvert forestier représente plus de 50 % de la superficie et où la population prévue est supérieure à 100 000 personnes.

Si la couche Landsat WRS ne figure pas en premier dans la boîte Selected Layers, on peut placer une virgule avant la clause where afin d'avancer dans la liste des couches. Par exemple, si la boîte Selected Layers contient d'abord les limites provinciales, puis le Landsat WRS, on pourrait alors utiliser l'interrogation suivante pour obtenir toutes les scènes dans lesquelles le couvert forestier est supérieur à 10 % :

, PER_FOR > 10

On peut ajouter d'autres virgules s'il y a des couches additionnelles. L'emploi des opérateurs booléens est permis, comme dans l'exemple ci-dessus de recherche avec les critères relatifs au couvert forestier et à la population. En suivant les règles du langage SQL, on peut effectuer diverses interrogations :

PER_FOR > 10 and

(PROV_AB = 1 or PROV_SK = 1 or PROV_MB = 1)

- Cette interrogation cherche les images des provinces des Prairies dans lesquelles un couvert forestier supérieur à 10 % est prévu.

Conclusion

En résumé, la fusion du système Landsat WRS et des données spatiales est une méthode intéressante pour sélectionner les images Landsat représentant diverses caractéristiques environnementales, topographiques et sociales du Canada. La base de données WRS-Canada permet la représentation des changements du territoire canadien sous forme spatiale et aspatiale. Les données aspatiales, c'est-à-dire sous forme de tableau, contiennent l'information brute à partir de laquelle on peut sélectionner des images, et la présentation spatiale des résultats permet d'examiner ceux-ci dans le contexte géographique. Des attributs additionnels pourront être ajoutés ultérieurement au WRS-Canada. Ce dernier constitue donc un précieux outil graphique d'organisation et de catalogage d'un grand nombre de scènes Landsat. La base de données peut être interrogée à l'aide du Système national d'information forestière (SNIF), ou les utilisateurs peuvent télécharger les données et mettre au point leurs propres utilisations et applications.

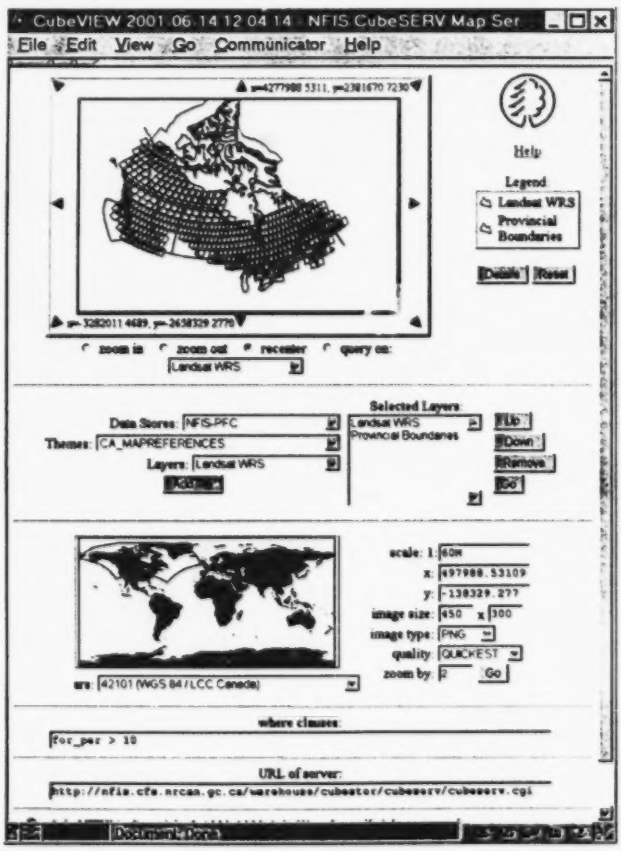

Figure 3. Copie d'écran illustrant le rendu de données du système WRS-Canada par le SNIF. Exemple d'interrogation : couvert forestier > 10 %

Annexe 1. Description des champs du système WRS-Canada et des caractéristiques qui s'y rapportent

Nom	Description
TM_PATH	Trajectoire Landsat
TM_ROW	Rangée Landsat
TRFR_ID	Numéro unique combinant la trajectoire et la rangée.
INCANADA	Si ce champ contient un 1, la scène couvre une partie de la masse continentale du Canada.
PROV_BC PROV_AB PROV_SK PROV_QC PROV_NS PROV_NB PROV_PE PROV_YT PROV_NT PROV_NF PROV_ON PROV_NU PROV_MB	Si l'un de ces champs contient un 1 (au lieu d'un 0), la scène couvre alors une partie de la province ou du territoire indiqué. Si la scène chevauche une limite provinciale ou territoriale, plusieurs champs sont alors sélectionnés.
ECOZ_AC	Écozone : Cordillère arctique
ECOZ_NA	Écozone : Extrême-Arctique
ECOZ_SA	Écozone : Moyen-Arctique
ECOZ_TP	Écozone : Plaine de la taïga
ECOZ_TS	Écozone : Bouclier de la taïga
ECOZ_BS	Écozone : Bouclier boréal
ECOZ_AM	Écozone maritime de l'Atlantique
ECOZ_MP	Écozone : Plaines de forêts mixtes
ECOZ_BP	Écozone : Plaine boréale
ECOZ_P	Écozone : Prairies
ECOZ_TC	Écozone : Taïga de la cordillère
ECOZ_PM	Écozone maritime du Pacifique
ECOZ_MC	Écozone : Cordillère montagnarde
ECOZ_HP	Écozone : Plaine hudsonienne
ECOZ_BC	Écozone : Cordillère boréale
	Quand un de ces champs contient un 1 (au lieu d'un 0), la scène couvre une partie de l'écozone indiquée. Comme ci-dessus, il peut y avoir des occurrences multiples.
PR_FOREST	NBIOME : pourcentage prévu de forêts dans une scène.
PR_BURN	NBIOME : pourcentage prévu de superficie brûlée dans une scène.
PR_WET	NBIOME : pourcentage prévu de superficie occupée par les terres humides dans une scène.
PR_OPEN	NBIOME : pourcentage prévu de superficie non boisée dans une scène.
PR_GRASS	NBIOME : pourcentage prévu de prairies dans une scène.
PR_BARREN	NBIOME : pourcentage prévu de terres stériles dans une scène.
PR_CROP	NBIOME : pourcentage prévu de terres agricoles dans une scène.
PR_URBAN	NBIOME : pourcentage prévu de terres urbaines dans une scène.
PR_WATER	NBIOME : pourcentage prévu d'étendues d'eau douce dans une scène.
PR_OCEAN	NBIOME : pourcentage prévu d'étendues océaniques dans une scène.
PR_ICE-SNOW	NBIOME : pourcentage prévu d'étendues de glace ou de neige dans une scène.
ULLONG / ULLAT URLONG / URLAT LRLONG / LRLAT LLLONG / LLLAT	Limites géographiques de chaque scène : angle gauche supérieur, angle droit supérieur, angle droit inférieur et angle gauche inférieur.
ELEV_MIN	GTOPO30 : altitude minimale dans une scène.
ELEV_MAX	GTOPO30 : altitude maximale dans une scène.
ELEV_MEAN	GTOPO30 : altitude moyenne dans la scène.
ELEV_STD	GTOPO30 : écart type des valeurs altimétriques dans la scène.
FRAMEPOP	Données du recensement du Canada : population prévue dans une scène (nombre de personnes par scène).
FRAMEPOPDENHA	Données du recensement du Canada : densité démographique prévue dans une scène (population par hectare).
ROADLENGTH	Réseau routier canadien : longueur prévue des routes (km) dans une scène.
REGION1 REGION2 REGION3	Écorégion : codes numériques indiquant les trois principales écorégions dans une scène.

Bibliographie

Cihlar, J.; Beaubien, J. 1998. Couverture des terres du Canada. Publication spéciale, projet NBIOME. Produit par le Centre canadien de télédétection et le Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. Disponible sur CD-ROM auprès du Centre canadien de télédétection, Ottawa (Ontario).

Gesch, D.; Verdin, K.; Greenlee, S. 1999. New land surface digital elevation model covers the earth. Eos Transactions, American Geophysical Union, 80(6):69-70.

Wulder, M.; Seemann, D. 2001. Spatially partitioning Canada with the Landsat Worldwide Referencing System. Journal canadien de télédétection 27(3):225-231.

Pour en savoir plus

Site du WRS :

www.pfc.cfs.nrcan.gc.ca/eosd/cover/wrs_f.html

Information de l'USGS sur le WRS :

edcwww.cr.usgs.gov/glis/hyper/guide/wrs.html

Information de l'USGS sur les données altimétriques GTOPO30 :

edcdaac.usgs.gov/gtopo30/gtopo30.html

Données cartographiques gratuites du gouvernement du Canada :

http://geogratis.cgdi.gc.ca/f_frames.html

Centre d'information topographique :

www.cits.RNCan.gc.ca/

Librairie du SCF :

librairie.scf.rncan.gc.ca

Personnes-ressources

Mike Wulder
Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique
506 West Burnside Rd., Victoria (C.-B.) V8Z 1M5
250 363-6090
Courriel : mwulder@pfc.cfs.nrcan.gc.ca

David Seemann
Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique
506 West Burnside Rd., Victoria (C.-B.) V8Z 1M5
250 363-0795
Courriel : dseemann@pfc.cfs.nrcan.gc.ca

Brain Low
Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique
506 West Burnside Rd., Victoria (C.-B.) V8Z 1M5
250 363-8303
Courriel : blow@pfc.cfs.nrcan.gc.ca

Remerciements

À Dean Mills, du Service canadien des forêts, pour sa contribution.

Pour en savoir plus sur le Service canadien des forêts et les études susmentionnées, visitez notre site Web à l'adresse :

www.cfp.scf.rncan.gc.ca

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2002

Imprimé sur du papier recyclé
ISSN 1209-6571 N° de cat. Fo29-47/27-2002F
ISBN 0-662-87904-4

This publication is also available in English.

Canada